

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 04 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 • 1 / 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>25 OCT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0213370</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>25 OCT. 2002</b> PAR L'INPI		<b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  <b>BREVALEX</b>  <b>3, rue du Docteur Lancereux</b> <b>75008 PARIS</b>	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) <b>SP 21418 CS 21.1075</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2</b> NATURE DE LA DEMANDE		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
<b>3</b> TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)  <b>PROCEDE ET DISPOSITIF DE LOCALISATION D'UNE INTERFACE PAR RAPPORT A UN TROU FORE</b>			
<b>4</b> DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5</b> DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		<b>SERVICES PETROLIERS SCHLUMBERGER</b>	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Domicile ou siège		Rue <b>42, rue Saint Dominique</b>	
		Code postal et ville <b>75 007 PARIS</b>	
		Pays <b>FRANCE</b>	
Nationalité		<b>française</b>	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
		<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

REMISE DES PIÈCES DATE <b>23 OCT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0213370</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	09 540 W / 210502
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom <b>DU BOISBAUDRY</b> Prénom <b>Dominique</b> Cabinet ou Société <b>BREVALEX</b> N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel Adresse Rue <b>3, rue du Docteur Lancereaux</b> Code postal et ville <b>75 008 PARIS</b> Pays <b>FRANCE</b> N° de téléphone (facultatif) <b>01 53 83 94 00</b> N° de télécopie (facultatif) <b>01 45 63 83 33</b> Adresse électronique (facultatif) <b>brevets.patents@brevalex.com</b>			
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : <b>Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)</b>	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</b> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		<b>Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : <b>AG</b>	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b> Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes			
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) <b>D. DU BOISBAUDRY CPI 950304</b>		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> <b>C. TRAN</b>	

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE LOCALISATION D'UNE INTERFACE  
PAR RAPPORT A UN TROU FORÉ

DESCRIPTION

5    DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention est relative à un procédé et un dispositif de localisation d'une interface dans une formation géologique par rapport à un trou foré dans la formation.

- 10           Un tel procédé et un tel dispositif sont particulièrement adaptés pour déterminer autour du trou, le profil de la zone de la formation géologique envahie par de la boue de forage, ainsi que le profil le long du trou foré des distributions des fractures.
- 15    Dans la suite l'expression formation géologique est souvent appelée formation.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

- 20           Durant une opération de forage dans une formation géologique, on utilise un fluide de forage (connu sous la dénomination boue de forage), c'est un fluide généralement aqueux ou huileux qui sert à refroidir et à lubrifier l'outil de forage, à évacuer les déblais, à maintenir les parois du trou foré (ou
- 25    forage) par formation d'un cake de boue (connu sous la dénomination anglo-saxonne de mud cake) et à équilibrer par son propre poids la pression des fluides, tels que de l'eau, des hydrocarbures gaz et/ou pétrole, contenus dans la formation traversée par le puits. Le cake de
- 30    boue correspond au dépôt que les éléments solides de la

boue de forage forment sur les parois du trou après l'absorption du fluide par la formation.

5 Ce fluide de forage envahit une zone située autour du trou et la profondeur de pénétration dépend de plusieurs facteurs notamment de la nature du cake de boue, de la perméabilité et de la porosité de la formation environnante. Il existe une rupture d'impédance à l'interface entre la zone envahie et la zone non envahie.

10 Les caractéristiques de la zone envahie sont importantes pour déterminer des paramètres physiques de la formation et différentes méthodes peuvent être utilisées pour acquérir lesdites caractéristiques. Ces caractéristiques permettent  
15 notamment d'évaluer le comportement et la capacité à produire de la formation. Elles permettent par exemple d'apporter une correction à des mesures de densité faites par émission neutronique. Certains aspects de mesures d'étalonnages faites par résonance magnétique  
20 nucléaire peuvent bénéficier de ces caractéristiques.

Le profil de la zone envahie se trouvant autour du trou est généralement considéré comme étant de forme cylindrique. L'extension radiale de la zone envahie transversalement au trou peut varier de  
25 quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres. Cette extension radiale n'est pas constante, elle peut varier en fonction de la profondeur et peut évoluer dans le temps, après la fin de l'opération de forage.

30 Pour évaluer l'extension radiale de la zone envahie ou ce que l'on appelle la distance d'invasion

c'est-à-dire la distance séparant la paroi du puits à la fin de la zone envahie, on peut réaliser des mesures de résistivité. On utilise bien souvent des électrodes placées à différentes profondeurs dans le puits. On injecte du courant à partir d'une des électrodes et on mesure une tension entre deux électrodes encadrant l'électrode ayant injecté du courant. On en déduit une valeur de résistivité. Plus les électrodes sont éloignées plus la mesure correspond à une zone éloignée des électrodes. En effectuant plusieurs mesures avec des électrodes de mesure de tension de plus en plus éloignées, on obtient plusieurs valeurs de résistivité qui après inversion permettent de déduire la distance d'invasion. Lorsqu'on réalise de telles mesures de résistivité, une connaissance précise de la zone envahie n'est pas possible. On réalise seulement des mesures dans un espace proche du trou foré et on en déduit des valeurs de résistivité dans la zone envahie. Ces valeurs sont ensuite généralement employées pour corriger des valeurs de résistivité faites dans une zone d'intérêt de la formation éloignée de la zone envahie.

On peut également faire des mesures de potentiel spontané entre l'intérieur du trou et l'infini pour évaluer le diamètre d'invasion. Mais cette méthode ne permet pas non plus d'obtenir la distance d'invasion avec précision.

Lorsqu'on veut analyser des hydrocarbures provenant d'un gisement à partir d'échantillons de fluide pompé dans le puits, il est intéressant de connaître avec précision la part que représente la boue

de forage dans l'échantillon, et une connaissance, à priori, des limites spatiales de la zone d'invasion est très appréciable pour évaluer la contamination. En effet, la boue à base d'huile fausserait les analyses si elle n'était pas prise en compte.

#### EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a justement comme but de proposer un procédé de localisation d'une interface, dans une formation contenant un liquide électrolytique, par rapport à un trou foré dans la formation, ce procédé ne possédant pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

Un but de la présente invention est de connaître de manière précise, au moins localement, la distance séparant le trou de l'interface.

Un autre but de la présente invention est de connaître de manière rapide, au moins localement, la distance séparant le trou de l'interface.

Encore un autre but de la présente invention est d'établir un profil en profondeur de l'interface de manière à en avoir une véritable image.

Pour atteindre ces buts, le procédé selon l'invention comporte les étapes suivantes :

a°) stimulation, à partir du trou, à une première profondeur, de l'interface; à un premier instant, avec un premier signal d'excitation, correspondant à une énergie d'un premier type, de manière à ce que ce premier signal d'excitation soit converti au niveau de l'interface en un premier signal réponse correspondant à une énergie d'un second type,

l'une des énergies étant une énergie de type mécanique et l'autre une énergie de type électromagnétique,

5           b°) détection du premier signal réponse à un second instant, à l'aide d'un premier dispositif de détection placé dans le trou et, si le premier signal réponse est supérieur ou égal à un premier seuil, calcul de la distance entre l'interface et le premier dispositif de détection, à partir de la durée séparant le premier instant du second instant et de la  
10       connaissance de la vitesse de propagation du son dans la formation,

          c°) au moins dans le cas où le premier signal réponse est inférieur au premier seuil, détection du premier signal d'excitation, après une  
15       réflexion contre l'interface, à un troisième instant, à l'aide d'un second dispositif de détection placé dans le trou, et si nécessaire calcul de la distance entre l'interface et le second dispositif de détection, à partir de la durée séparant le premier instant du  
20       troisième instant et de la connaissance de la vitesse de propagation, dans la formation, du premier signal d'excitation.

De manière additionnelle, le procédé peut comporter les étapes suivantes :

25           d°) stimulation, à sensiblement la première profondeur, de l'interface, à un quatrième instant, avec un second signal d'excitation correspondant à l'énergie de second type de manière à ce que, ce second signal d'excitation soit converti, au niveau de  
30       l'interface, en un second signal réponse correspondant à l'énergie de premier type,



e°) détection du second signal réponse, à un cinquième instant, à l'aide d'un troisième dispositif de détection, placé dans le trou, et si le second signal réponse est supérieur ou égal à un second seuil, calcul de la distance entre l'interface et le troisième dispositif de détection, à partir de la durée séparant le quatrième instant du cinquième instant et de la connaissance de la vitesse de propagation du son dans la formation,

10 f°) au moins dans le cas où le second signal réponse est inférieur au second seuil, détection, à un sixième instant, du second signal d'excitation après une réflexion contre l'interface, à l'aide d'un quatrième dispositif de détection placé dans le trou, et si nécessaire calcul de la distance entre l'interface et le quatrième dispositif de détection, à partir de la durée séparant le quatrième instant du sixième instant et de la connaissance de la vitesse de propagation, dans la formation, du second  
15 signal d'excitation.

Il est possible de répéter les étapes a, b, et éventuellement l'étape c à au moins une autre profondeur dans le trou, pour obtenir un profil de l'interface.

25 De la même manière, il est possible répéter les étapes d et e, et éventuellement l'étape f à au moins une autre profondeur dans le trou, pour obtenir un profil de l'interface.

Dans une variante, il est possible de  
30 répéter les étapes a, b, et éventuellement l'étape c en

continu le long du trou, de manière à obtenir un profil continu de l'interface.

De la même manière, il est possible de répéter au moins les étapes d et e, et éventuellement l'étape f en continu le long du trou, de manière à obtenir un profil continu de l'interface.

L'interface ayant une fréquence de résonance, le premier signal d'excitation et/ou le second signal d'excitation peuvent posséder une fréquence qui est sensiblement la fréquence de résonance de l'interface.

L'interface peut correspondre à la frontière d'une zone de la formation envahie par un fluide de forage injecté dans le trou.

Dans une variante, l'interface peut se trouver entre deux fluides dont au moins un est électrolytique ou entre deux milieux rocheux différents de la formation ou bien au niveau d'une fracture dans la formation.

La présente invention concerne également un dispositif de localisation, dans une formation contenant au moins un liquide électrolytique, d'une interface par rapport à un trou. Il comporte :

un premier dispositif d'excitation pour stimuler, à un premier instant, l'interface avec un premier signal d'excitation correspondant à une énergie d'un premier type de manière à ce que ce premier signal d'excitation soit converti, au niveau de l'interface en un premier signal réponse correspondant à une énergie d'un second type, l'une des énergies étant une énergie

de type mécanique et l'autre une énergie de type électromagnétique,

un premier dispositif de détection pour détecter le premier signal réponse, à un second  
5 instant,

des premiers moyens de calcul pour calculer la distance entre l'interface et le premier dispositif de détection à partir de la durée séparant le premier instant du second instant et de la connaissance de la  
10 vitesse de propagation du son dans la formation,

éventuellement, d'une part, un second dispositif de détection pour détecter, à un troisième instant, le premier signal d'excitation après une réflexion contre l'interface, et d'autre part, des  
15 seconds moyens de calcul pour calculer la distance entre l'interface et le second dispositif de détection à partir de la durée séparant le premier instant du troisième instant et de la connaissance de la vitesse de propagation, dans la formation, du premier signal  
20 d'excitation.

Il peut comporter en outre :

un second dispositif d'excitation pour stimuler, à un quatrième instant, l'interface avec un second signal d'excitation correspondant à l'énergie de  
25 second type, de manière à ce que ce premier signal d'excitation soit converti au niveau de l'interface en un second signal réponse,

un troisième dispositif de détection pour détecter le second signal réponse, à un cinquième  
30 instant,

des troisièmes moyens de calcul pour calculer la distance entre l'interface et le troisième dispositif de détection à partir de la durée séparant le quatrième instant du cinquième instant et de la  
5 connaissance de la vitesse de propagation du son dans la formation,

éventuellement, d'une part, un quatrième dispositif de détection pour détecter, à un sixième instant, le second signal d'excitation après une  
10 réflexion contre l'interface, et d'autre part des quatrièmes moyens de calcul pour calculer la distance entre l'interface et le quatrième dispositif de détection à partir de la durée séparant le quatrième instant du sixième instant et de la connaissance de la  
15 vitesse de propagation, dans la formation, du second signal d'excitation.

Le premier dispositif d'excitation peut être formé par un élément d'un premier groupe comprenant un générateur de pression, un transducteur  
20 acoustique ou d'un second groupe comprenant au moins une paire d'électrodes, au moins une bobine, le second dispositif d'excitation étant formé par un élément du second groupe ou du premier groupe respectivement.

Le premier dispositif de détection peut  
25 être formé par un élément d'un groupe comprenant au moins une paire d'électrodes, au moins une bobine ou par au moins un capteur acoustique, le second dispositif de détection étant formé par le capteur acoustique ou par un élément du groupe respectivement.

30 De manière analogue, le troisième dispositif de détection peut être formé par un élément

d'un groupe comprenant au moins une paire d'électrodes, au moins une bobine ou par au moins un capteur acoustique, le quatrième dispositif de détection étant formé par le capteur acoustique ou par un élément de  
5 groupe respectivement.

Pour réduire le nombre d'éléments, le premier dispositif d'excitation peut être confondu avec le second dispositif de détection.

De manière similaire, le second dispositif  
10 d'excitation peut être confondu avec le quatrième dispositif de détection.

Dans le même but, le premier dispositif de détection peut être confondu avec le quatrième dispositif de détection.

15 Le second dispositif de détection peut être confondu avec le troisième dispositif de détection.

On peut également regrouper au sein d'un unique calculateur, les premiers, seconds, troisièmes, quatrièmes moyens de calcul.

20 Pour faciliter la localisation, le premier dispositif d'excitation, le premier dispositif de détection et le second dispositif de détection peuvent être portés par un même support.

De même, le second dispositif d'excitation,  
25 le troisième dispositif de détection et, le quatrième dispositif de détection peuvent être portés par un même support. Ces supports peuvent être confondus.

#### BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

30 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation

donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

5 - les figures 1A, 1B montrent à des instants différents un premier exemple d'un dispositif de localisation selon l'invention ;

- les figures 2A, 2B montrent à des instants, un autre exemple de dispositif de localisation selon l'invention ;

10 - les figures 3A, 3B montrent, de manière partielle, encore deux exemples de dispositif de localisation selon l'invention.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

15 Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles. L'espacement entre les dispositifs d'excitation et les dispositifs de détection est très petit par rapport à la distance entre le trou et l'interface.

## 25 EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Le procédé selon l'invention est basé sur les effets de couplage électrocinétique ou électro-osmotique. Ces effets de couplage peuvent être expliqués de la manière suivante.

30 Dans un milieu solide, des ions d'un premier type appartenant au milieu, ont tendance à se

concentrer en surface même si le milieu est globalement neutre électriquement. Il existe une charge naturelle en surface. Il s'agit généralement d'une charge négative pour des roches argileuses. Pour d'autres roches, c'est l'inverse.

Dans une formation géologique poreuse, c'est à dire avec des parties rocheuses solides mélangées avec des espaces poreux, contenant au moins un fluide électrolytique, les ions du fluide ayant un second type opposé au premier type sont attirés par la surface des parties rocheuses et il y a formation de liaisons électrochimiques ou dipôles à l'interface roche-fluide. Le potentiel électrochimique interfacial est appelé potentiel Zêta  $\zeta$ , il caractérise la surface roche-fluide, et sa valeur est d'environ quelques dizaines de millivolts. Il y a donc séparation des ions du fluide, les ions de l'autre type du fluide restant dans les pores.

Le fluide électrolytique peut être de l'eau, salée ou non, un hydrocarbure tel que du pétrole ou du gaz mais plus généralement, il s'agit d'un mélange d'eau et d'hydrocarbure.

Lorsqu'on applique un signal d'excitation mécanique tel qu'une onde acoustique ou sismique dans la formation géologique poreuse, cela génère un mouvement relatif entre le fluide et la formation géologique, ce qui a pour effet de modifier ou de rompre les liaisons électrochimiques, de créer une densité de courant électrique et d'induire un champ électromagnétique pouvant être mesuré. Ce phénomène est principalement sensible à une interface de rupture

d'impédance, par exemple à l'interface entre des roches de natures différentes, à l'interface entre des zones de porosités différentes, à l'interface entre deux fluides de natures différentes car les discontinuités réfléchissent une partie des ondes acoustiques. Une autre partie de ces ondes acoustiques est transmise au-delà de la discontinuité. La couche d'ions du fluide à la surface des parties rocheuses joue le rôle d'une couche élastique que l'on peut comparer, de manière imagée, à la membrane d'un tambour.

Il y a donc une conversion entre une énergie mécanique appliquée, par exemple sous forme d'une pression appliquée, et une énergie électromagnétique détectée, par exemple sous forme d'une tension électrique.

A l'inverse lorsqu'on fait interagir un signal d'excitation sous forme d'une énergie électromagnétique avec la formation géologique poreuse, on modifie la polarisation du fluide dans les pores, ce qui induit des micro mouvements sismiques dans la formation géologique et plus particulièrement à une interface de rupture d'impédance. Ces mouvements induits sont détectables par tout moyen approprié par exemple un ou plusieurs géophones, hydrophones, accéléromètres etc. Il y a donc une conversion entre une énergie électromagnétique appliquée et une énergie mécanique détectée.

On va se référer maintenant aux figures 1A, 1B qui montrent, à divers instants, un exemple de dispositif, conforme à l'invention, utilisé pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention. On



distingue sur cette figure une formation géologique 1 poreuse dont les pores (non représentés), saturés en fluide contiennent au moins un fluide électrolytique. Ce fluide électrolytique peut être de l'eau, salée ou non, un hydrocarbure tel que du pétrole ou du gaz, ou un mélange d'un ou plusieurs de ces fluides.

Un trou 2 a été creusé dans la formation 1 en utilisant lors du forage, un fluide de forage. Ce fluide de forage, en s'infiltrant dans la formation 1 a formé un cake de boue 3 sur la paroi 7 intérieure du trou 2. Lorsqu'on s'éloigne sensiblement transversalement du trou 2, on trouve après le cake de boue 3, une zone 4 de la formation géologique 1, qui n'a pas été attaquée par le forage, mais qui est envahie par le fluide de forage. En s'éloignant encore du trou 2, on arrive dans une zone non contaminée 5. La zone non contaminée 5 est supposée saturée en fluide électrolytique. La zone envahie 4 possède depuis le trou 2 une extension radiale de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres. Une interface 6 existe entre la zone envahie 4 et la zone non contaminée 5 et le procédé selon l'invention va permettre de localiser, avec précision, cette interface 6 par rapport au trou 2. Cette interface 6 correspond à la frontière de la zone envahie 4. Cette interface 6 peut être considérée comme un saut d'impédance pour certains paramètres pétrophysiques. Par exemple, lorsqu'un fluide de forage aqueux envahit une couche de formation géologique saturée en au moins un fluide pris parmi de l'eau, de la saumure, du pétrole, du gaz, la pénétration du fluide de forage dépend de la

perméabilité de la formation, des caractéristiques du fluide de la formation 1, des caractéristiques du fluide de forage. L'interface 6 est un lieu de contraste, elle peut être par exemple un lieu de  
5 changement de conductivité électrique, de changement de constante diélectrique, de changement de mobilité (rapport de la perméabilité de la roche sur la viscosité du fluide), de changement d'impédance acoustique (produit de la densité du fluide par la  
10 célérité d'ondes acoustiques).

On pourrait bien sûr chercher à localiser une autre interface 6 dans la formation 1, par exemple située entre deux fluides de la formation 1, correspondant à une fracture dans la formation 1  
15 rocheuse ou à la frontière entre deux roches de natures différentes. C'est ce qui est illustré sur la figure 3A.

Dans le trou 2 que l'on suppose non tubé sont descendus un premier dispositif d'excitation 8, un  
20 premier dispositif de détection 9 et éventuellement un second dispositif de détection 10. Ces premiers dispositifs 8, 9, 10 peuvent faire partie d'un même outil 11 et être montés sur un même support 12 en forme de patin que l'on vient appliquer sur la paroi 7 du  
25 trou 2. Leur espacement mutuel est considéré comme négligeable par rapport aux distances à détecter. Leur position par rapport à la paroi 7 dépend de leur nature, ils peuvent être placés contre la paroi 7 du trou 2 ou en être légèrement éloigné. Le patin 12 n'a  
30 pas besoin d'être appliqué fortement contre la paroi 7.

Le premier dispositif d'excitation 8 est destiné à stimuler l'interface 6 avec un premier signal d'excitation 20 (figure 1A) correspondant à une énergie d'un premier type. Le premier dispositif d'excitation 8 émet le premier signal d'excitation 20 à un premier instant t1. L'énergie de premier type est une énergie mécanique ou une énergie électromagnétique. On suppose dans ce premier exemple que le premier signal d'excitation 20 est un signal mécanique. Le premier dispositif d'excitation 8 est alors de type mécanique et peut être un transducteur acoustique destiné à émettre un signal acoustique dans la formation 1 à travers le cake de boue 3. Les transducteurs acoustiques sont des dispositifs bien connus dans les techniques de prospection sismique. Ils peuvent être à magnétostriction ou piézoélectriques par exemple. L'avantage des transducteurs acoustiques est qu'ils peuvent être réversibles.

Dans une variante, le premier dispositif d'excitation 8 pourrait être réalisé, par exemple, par un générateur de pression destiné à injecter un signal de pression dans la formation 1 à travers le cake de boue 3, sensiblement perpendiculairement à la paroi 7 du trou 2. Un tel dispositif pourrait par exemple projeter un fluide sous pression contre la paroi 7 du trou 2.

Le premier dispositif d'excitation pourrait aussi fonctionner avec une énergie électromagnétique. Il pourrait être similaire au second dispositif d'excitation décrit ultérieurement.

Sur les figures 1A, 1B, on suppose que le premier dispositif d'excitation 8 est un transducteur acoustique. Ce dispositif est relié à des premiers moyens de commande MC1 qui peuvent se trouver en surface et qui l'excitent périodiquement. La fréquence du premier signal d'excitation 20 est choisie, de préférence, pour être la plus proche possible de la fréquence de résonance de l'interface 6. Cette interface 6, qui a une certaine épaisseur, va entrer en résonance. Sa réponse à l'excitation sera plus importante que si elle ne résonnait pas.

Le premier signal d'excitation 20 se propage depuis le cake de boue 3 dans la zone envahie vers l'interface 6. Quand ce premier signal d'excitation 20 arrive au niveau de l'interface 6, à un instant T que l'on ne connaît pas et qui est fonction de la distance recherchée entre l'interface 6 et le trou 2, une partie 21 du premier signal d'excitation 20 est transmise au-delà de l'interface 6, une partie 22 est réfléchiée et à cause du phénomène de couplage électrocinétique, un champ électromagnétique est induit. Ce champ électromagnétique correspond à un premier signal réponse 23. Les références 21, 22, 23 sont illustrées sur la figure 1B. La composante principale du champ électromagnétique est rayonnée dans une direction sensiblement normale à l'interface 6 et se propage de part et d'autre de l'interface 6 à la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le milieu.

Le premier dispositif de détection 9 est destiné à détecter le premier signal réponse 23. Cette

détection ne peut se faire que si le premier signal  
réponse 23 a un niveau suffisant, c'est à dire s'il est  
supérieur ou égal à un premier seuil. Ce premier seuil  
dépend de la sensibilité du premier dispositif de  
5 détection 9. Cette détection se produit à un second  
instant  $t_2$  qui lui peut être mesuré.

Le premier dispositif de détection 9 peut  
détecter la composante électrique du champ  
électromagnétique induit ou bien sa composante  
10 magnétique. On suppose que dans l'exemple des figures  
1A, 1B, il détecte sa composante magnétique et qu'il  
est formé d'au moins une bobine placée à proximité de  
la paroi 7 du trou 2 (pas forcément en contact avec  
elle), orientée avec son axe de bobinage sensiblement  
15 normal à la paroi 7 du trou 2 ou bien sensiblement  
vertical. Si on utilise plusieurs bobines elles peuvent  
être montées en réseau. En présence de la composante  
magnétique du champ électromagnétique, un courant est  
induit dans la bobine et ce courant peut être recueilli  
20 par tout moyen approprié. La bobine peut par exemple  
être reliée électriquement à un premier circuit de  
traitement C1 qui peut se trouver en surface. Le  
circuit de traitement peut comprendre un amplificateur  
par exemple.

25 Pour détecter la composante électrique, on  
pourrait utiliser au moins une paire d'électrodes,  
espacées l'une de l'autre, reliées électriquement au  
premier circuit de traitement C1. La paire d'électrodes  
peut être sensiblement verticale ou azimutale dans le  
30 trou 2. Avec cette paire d'électrodes, on va détecter  
une tension qui va être recueillie par le premier

circuit de traitement C1. L'utilisation d'un réseau d'électrodes serait aussi possible.

On prévoit également des premiers moyens de calcul 13 de la distance d1 entre l'interface 6 et le premier dispositif de détection 9. Le calcul se fait à partir de la durée séparant le second instant t2 du premier instant t1 et de la vitesse de propagation du son Vp dans la formation 1. Cette vitesse est déterminée par ailleurs, par exemple de manière traditionnelle, par exemple à l'aide d'outils soniques ou acoustiques.

Les premiers moyens de calcul 13 peuvent être inclus dans un calculateur C qui est relié au premier circuit de traitement C1 et aux premiers moyens de commande MC1 pour acquérir le premier instant t1 et le second instant t2.

La distance d1 entre l'interface 6 et le premier dispositif de détection 9 est sensiblement égale à :  $d1 = (t2 - t1) / Vp$  puisque la durée t2-T et l'espace entre le premier dispositif d'excitation 8 et le premier dispositif de détection 9 sont considérés comme négligeables.

Il se peut que, selon la nature des milieux situés de part et d'autre de l'interface 6, le premier signal réponse 23 soit trop faible pour être détecté par le premier dispositif de détection 9. Cela se produit par exemple, si l'interface 6 correspond à un défaut ou une fracture dans un milieu rocheux homogène saturé avec un seul fluide ou si le fluide de forage est de la boue à l'huile et que la formation 1 est

saturée en gaz. On a alors un faible contraste électromagnétique.

Au contraire, lorsqu'il n'y a pas de gaz à l'interface 6, le contraste d'impédance acoustique est faible. Le contraste d'impédance acoustique représente le transfert d'énergie entre deux milieux. Il est fort par exemple à une interface gaz-liquide.

Le fait de ne pouvoir détecter avec précision le premier signal réponse 23 n'est pas inintéressant comme on pourrait le croire, cela donne des indications sur la nature des roches de la formation 1 et/ou sur le ou les fluides qu'elles contiennent.

En conséquence, le dispositif de localisation d'une interface 6 selon l'invention peut prévoir en outre, d'une part, un second dispositif de détection 10 pour détecter, à un troisième instant  $t_3$ , le premier signal d'excitation réfléchi 22 par l'interface et d'autre part, des seconds moyens de calcul 14 pour calculer la distance  $d_2$  entre l'interface 6 et le second dispositif de détection 10 à partir de la durée séparant le premier instant  $t_1$  et du troisième instant  $t_3$  et de la vitesse de propagation du premier signal d'excitation 20 dans la formation 1. Un second circuit de traitement C2 est prévu entre le second dispositif de détection 10 et les seconds moyens de calcul 14. Il peut être analogue au premier circuit de traitement.

Les seconds moyens de calcul 14 peuvent être inclus dans le calculateur C qui est aussi relié au second circuit de traitement C2 et aux premiers

moyens de commande MC2 pour acquérir le premier instant  $t_1$  et le troisième instant  $t_3$ .

La distance  $d_2$  entre l'interface 6 et le second dispositif de détection 10 est sensiblement égale à :  $d_2 = (t_3 - t_1)/2V$ .  $V$  représente la vitesse de propagation du premier signal d'excitation 20 dans la formation 1. Dans l'exemple des figures 1A, 1B, dans lequel le premier dispositif d'excitation 8 et le second dispositif de détection 10 sont mécaniques,  $V$  est égal à la vitesse du son  $V_p$ . Les deux distances  $d_1$  et  $d_2$  sont sensiblement égales puisqu'on suppose que l'espacement entre le premier dispositif de détection 9 et le second dispositif de détection 10 est négligeable.

Dans certains cas, il est judicieux d'effectuer les deux calculs de distance même si le premier calcul de distance est significatif. Cela renforce la précision de la localisation.

Le second dispositif de détection 10, dans le cas des figures 1A, 1B, peut être réalisé par un capteur acoustique par exemple de type hydrophone ou géophone. Lorsque le premier dispositif d'excitation 8 est de type transducteur acoustique, il peut également servir de second dispositif de détection 10. Le second dispositif de détection 10 est alors confondu avec le premier dispositif d'excitation 8. Un transducteur piézoélectrique détecte sous forme électrique des vibrations mécaniques.

Sur les figures 1A, 1B, le premier dispositif d'excitation 8, formé d'un transducteur acoustique, se trouve dans la partie centrale du patin



12, le second dispositif de détection 10, formé d'un géophone ou d'un hydrophone, se trouve d'un côté du premier dispositif d'excitation 8 et le premier dispositif de détection 9, formé d'une bobine, est  
5 situé de l'autre côté du premier dispositif d'excitation 8.

Lorsque l'on veut établir un profil de l'interface 6, on effectue plusieurs fois de telles détections, à des profondeurs différentes. Ces  
10 détections peuvent être discrètes, mais puisque les dispositifs de détection ont un temps d'acquisition très court par exemple de l'ordre de quelques millisecondes, il est possible de faire les détections de manière continue pendant une seule passe du patin 12  
15 dans le trou 2.

Pour améliorer encore la précision de la localisation de l'interface 6, il est possible de prévoir, de manière additionnelle, un second dispositif d'excitation 15, un troisième dispositif de détection  
20 16 et éventuellement un quatrième dispositif de détection 17. Ces trois dispositifs 15, 16, 17 sont comparables à ceux décrits précédemment à l'exception du fait qu'ils fonctionnent avec des énergies de type opposé à celles du premier dispositif d'excitation 8,  
25 du premier dispositif de détection 9 et du second dispositif de détection 10 respectivement.

Le second dispositif d'excitation 15 est destiné à stimuler l'interface 6 avec un second signal d'excitation 30 (figure 2A), correspondant à l'énergie  
30 de second type et non plus de premier type. Le second

dispositif d'excitation 15 émet le second signal d'excitation 30 à un quatrième instant  $t_4$ .

De la même manière que précédemment, le second signal d'excitation 30 se propage depuis le cake de boue 3 dans la zone envahie 4 vers l'interface 6. Quand ce second signal d'excitation 30 arrive au niveau de l'interface 6, à un instant  $T'$  que l'on ne connaît pas et qui est fonction de la distance recherchée entre l'interface 6 et le trou 2, une partie 31 du second signal d'excitation est transmise au-delà de l'interface 6, une partie 32 est réfléchie et à cause du phénomène de couplage électrocinétique, un champ électromagnétique est induit. Ce champ électromagnétique correspond à un second signal réponse 33. Les références 31, 32, 33 sont illustrées sur la figure 2B.

Dans cet exemple, le second signal d'excitation 30 est électromagnétique et le second dispositif d'excitation 15 peut prendre la forme d'au moins une bobine dans laquelle on fait circuler, au quatrième instant  $t_4$ , un courant périodique, alternatif, pulsé ou similaire. La circulation de ce courant est pilotée par des seconds moyens de commande MC2 qui peuvent se trouver en surface. Cette bobine, placée à proximité de la paroi 7 du trou 2 et orientée convenablement, par exemple avec son axe de bobinage sensiblement vertical ou normal à la paroi 7 du trou 2. On pourrait prévoir plusieurs bobines montées en réseau.

Dans une variante, le second dispositif d'excitation 15 pourrait comprendre moins une paire

d'électrodes à partir desquelles on peut injecter, dans le cake de boue 3, au quatrième instant  $t_4$ , un courant périodique alternatif, pulsé ou similaire. Elles seraient plaquées contre la paroi 7 du trou 2 et  
5 seraient espacées l'une de l'autre. La paire d'électrodes peut être sensiblement verticale ou azimuthale. Elles seraient reliées à une source d'alimentation appropriée via les seconds moyens de commande MC2. Plus de deux électrodes pourraient être  
10 utilisées, on pourrait les monter en réseau.

Le second dispositif d'excitation pourrait bien sur fonctionner avec une énergie mécanique et être similaire au premier dispositif d'excitation.

Avec un tel second dispositif d'excitation  
15 15, le troisième dispositif de détection 16 serait par exemple acoustique formé par au moins un hydrophone ou un géophone par exemple, placé en contact avec la paroi 7 du trou 2. De la même manière, le troisième dispositif de détection 16 est relié à un troisième  
20 circuit de traitement C3 qui peut se trouver en surface. Il peut être analogue au premier circuit de traitement.

Le troisième dispositif de détection 16 est destiné à détecter le second signal réponse 33. Cette  
25 détection se produit à un cinquième instant  $t_5$  qui lui peut être mesuré. Si ce second signal réponse 33 est suffisant, c'est à dire s'il est supérieur ou égal à un second seuil, on va pouvoir calculer la distance  $d_3$  entre l'interface 6 et le troisième dispositif de  
30 détection 16. Ce second seuil dépend de la sensibilité du troisième dispositif de détection.

Pour le calcul de la distance, on prévoit des troisièmes moyens de calcul 18 de la distance  $d_3$  à partir de la durée séparant le cinquième instant  $t_5$  du quatrième instant  $t_4$  et de la vitesse  $V_p$  de propagation du son dans la formation 1. La distance  $d_3$  entre l'interface 6 et le troisième dispositif de détection 16 est sensiblement égale à :  $d_3 = (t_5 - t_4) / V_p$  puisque l'intervalle de temps  $T' - t_3$  est considéré comme négligeable.

Les troisièmes moyens de calcul 18 peuvent être inclus dans le calculateur C qui est aussi relié au troisième circuit de traitement C3 et aux seconds moyens de commande MC2 pour acquérir le quatrième instant  $t_4$  et le cinquième instant  $t_5$ .

Le quatrième dispositif de détection 17 est destiné à détecter, à un sixième instant  $t_6$ , le second signal d'excitation réfléchi 32 par l'interface 6.

Dans cet exemple le quatrième dispositif de détection 17 serait électromagnétique, formé par exemple d'au moins une paire d'électrodes  $e_1$ ,  $e_2$ . Au moins une bobine serait utilisable.

De la même manière, le quatrième dispositif de détection 17 est relié à un quatrième circuit de traitement C4 qui peut se trouver en surface. Il peut être analogue au premier circuit de traitement.

On pourrait prévoir en outre, des quatrièmes moyens de calcul 19 pour calculer la distance  $d_4$  entre l'interface 6 et le quatrième dispositif de détection 17, à partir de la durée séparant le quatrième instant  $t_4$  et du sixième instant  $t_6$  et de la vitesse de propagation  $V$  du second signal

d'excitation 30. Dans ce cas, cette vitesse V est la vitesse propagation des ondes électromagnétiques dans le milieu. La distance d4 entre l'interface 6 et le quatrième dispositif de détection est sensiblement égale à :  $d4 = (t6 - t4) / 2V$ . Cette mesure nécessiterait des temps d'échantillonnage et de discrimination très petits.

Les quatrièmes moyens de calcul 19 pourraient être inclus dans le calculateur C qui est aussi relié au quatrième circuit de traitement C4 et aux seconds moyens de commande MC2 pour acquérir le quatrième instant t4 et le sixième instant t6.

A l'aide du second dispositif d'excitation 15, du troisième et du quatrième dispositifs de détection 16, 17, on peut faire également des mesures à plusieurs profondeurs, ces mesures étant soit discrètes soit continues.

Sur les figures 2A, 2B, le premier dispositif d'excitation 8, le second dispositif d'excitation 15, et les quatre dispositifs de détection 9, 10, 16, 17 ont été représentés distincts. Il est possible que cela ne soit pas le cas comme sur la figure 3A, 3B. Les dispositifs d'excitation 18, 15 fonctionnent successivement et les détections se font également successivement. Cette configuration permet d'économiser des composants et donc de réduire les coûts.

Le premier dispositif d'excitation 8 peut être confondu avec le second dispositif de détection 10. Le second dispositif d'excitation 15 peut être confondu avec le quatrième dispositif de détection 17.

La figure 3A illustre cette configuration. Sur cette figure les circuits de traitement, les moyens de commande et les moyens de calcul n'ont pas été représentés pour ne pas la surcharger. Tous les moyens de calcul 13, 14, 18, 19 peuvent être regroupés au sein d'un unique calculateur.

La figure 3B montre que le premier dispositif de détection 9 est confondu avec le quatrième dispositif de détection 17 et que le second dispositif de détection 10 est confondu avec le troisième dispositif de détection 16.

Le dispositif ainsi décrit est réversible au niveau des premiers et seconds dispositifs d'excitation ainsi qu'au niveau des premiers et troisièmes dispositifs de détection et des seconds et quatrièmes dispositifs de détection.

En ayant à disposition un dispositif qui, en un point donné du trou de forage 2, est capable de réaliser au moins un couple de mesures à l'aide de signaux correspondant aux deux types d'énergie, on peut mieux évaluer la position de l'interface 6 et les caractéristiques de la formation 1 de part et d'autre de l'interface 6. Avec des mesures faites à partir de deux dispositifs d'excitation de natures différentes, les résultats sont encore meilleurs. Cela permet de vérifier par recoupement la distance mesurée et d'agrandir la gamme des distances pouvant être détectées.

Bien que plusieurs modes de réalisation de la présente invention aient été représentés et décrits de façon détaillée, on comprendra que différents

changements et modifications puissent être apportés sans sortir du cadre de l'invention, notamment au niveau des structures des dispositifs d'excitation et des dispositifs de détection.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de localisation, dans une formation (1) contenant au moins un liquide électrolytique, d'une interface (6) par rapport à un trou (2), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : a°) stimulation, à partir du trou (2) à une première profondeur, de l'interface (6), à un premier instant (t1) avec un premier signal d'excitation (20) correspondant à une énergie d'un premier type de manière à ce que ce premier signal d'excitation (20) soit converti au niveau de l'interface (6) en un premier signal réponse (23) correspondant à une énergie d'un second type, l'une des énergies étant une énergie de type mécanique et l'autre une énergie de type électromagnétique,

b°) détection du premier signal réponse (23) à un second instant (t2) à l'aide d'un premier dispositif de détection (9) placé dans le trou (2) et, si le premier signal réponse (23) est supérieur ou égal à un premier seuil, calcul de la distance (d1) entre l'interface (6) et le premier dispositif de détection (9) à partir de la durée séparant le premier instant (t1) du second instant (t2) et de la connaissance de la vitesse (Vp) de propagation du son dans la formation (1),

c°) au moins dans le cas où le premier signal réponse (23) est inférieur au premier seuil détection, détection du premier signal d'excitation (20) après une réflexion contre l'interface (6) à un troisième instant (t3) à l'aide d'un second dispositif



de détection (10) placé dans le trou (2), et si  
nécessaire calcul de la distance (d2) entre l'interface  
(6) et le second dispositif de détection (10) à partir  
de la durée séparant le premier instant (t1) du  
5 troisième instant (t3) et de la connaissance de la  
vitesse de propagation (V), dans la formation (1), du  
premier signal d'excitation (20).

2. Procédé de localisation selon la  
10 revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte les  
étapes suivantes :

d°) stimulation, à sensiblement la première  
profondeur de l'interface (6), à un quatrième instant  
(t4) avec un second signal d'excitation (30)  
15 correspondant à l'énergie de second type de manière à  
ce que ce second signal d'excitation (30) soit converti  
au niveau de l'interface (6) en un second signal  
réponse (33) correspondant à l'énergie de premier type,

e°) détection du second signal réponse (33)  
20 à un cinquième instant (t5) à l'aide d'un troisième  
dispositif de détection (16) placé dans le trou (2) et  
si le second signal réponse (33) est supérieur ou égal  
à un second seuil, calcul de la distance (d3) entre  
l'interface (6) et le troisième dispositif de détection  
25 (16) à partir de la durée séparant le quatrième instant  
(t4) du cinquième instant (t5) et de la connaissance de  
la vitesse (Vp) de propagation du son dans la formation  
(1),

f°) au moins dans le cas où le second  
30 signal réponse (32) est inférieur au second seuil,  
détection, à un sixième instant (t6), du second signal

d'excitation (32) après une réflexion contre l'interface (6) à l'aide d'un quatrième dispositif de détection (17) placé dans le trou 2, et si nécessaire calcul de la distance (d4) entre l'interface (6) et le  
5 quatrième dispositif de détection (17) à partir de la durée séparant le quatrième instant (t4) du sixième instant (t6) et de la connaissance de la vitesse (V) de propagation, dans la formation (1), du second signal d'excitation (30).

10

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste, à répéter les étapes a, b, et éventuellement l'étape c à au moins une  
15 autre profondeur dans le trou (2) pour obtenir un profil de l'interface (6).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste, à répéter les étapes d et e, et éventuellement l'étape f à au moins  
20 une autre profondeur dans le trou (2) pour obtenir un profil de l'interface (6).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste, à répéter les  
25 étapes a, b, et éventuellement l'étape c en continu le long du trou (2) de manière à obtenir un profil continu de l'interface (6).

6. Procédé selon l'une des revendications 1  
30 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste, à répéter au moins les étapes d et e, et éventuellement l'étape f en

continu le long du trou (2) de manière à obtenir un profil continu de l'interface (6).

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'interface (6) a une fréquence de résonance, caractérisé en ce que le premier signal d'excitation (20) et/ou le second signal d'excitation (30) possèdent une fréquence qui est sensiblement la fréquence de résonance de l'interface (6).

10

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'interface (6) correspond à la frontière d'une zone de la formation envahie par un fluide de forage injecté dans le trou (2).

15

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'interface (6) se trouve entre deux fluides dont au moins un est électrolytique, ou entre deux milieux rocheux différents de la formation (1), au niveau d'une fracture dans la formation (1).

10. Dispositif de localisation, dans une formation (1) contenant au moins un liquide électrolytique, d'une interface (6) par rapport à un trou (2), caractérisé en ce qu'il comporte :

un premier dispositif d'excitation (8) pour stimuler à un premier instant ( $t_1$ ) l'interface (6) avec un premier signal d'excitation (20) correspondant à une énergie d'un premier type de manière à ce que ce premier signal d'excitation (20) soit converti au

niveau de l'interface (6) en un premier signal réponse (23) correspondant à une énergie d'un second type, l'une des énergies étant une énergie de type mécanique et l'autre une énergie de type électromagnétique,

5 un premier dispositif de détection (9) pour détecter le premier signal réponse (23) à un second instant ( $t_2$ ),

des premiers moyens de calcul (13) pour calculer la distance ( $d_1$ ) entre l'interface (6) et le  
10 premier dispositif de détection (9) à partir de la durée séparant le premier instant ( $t_1$ ) du second instant ( $t_2$ ) et de la connaissance de la vitesse ( $V_p$ ) de propagation du son dans la formation (1),

éventuellement, d'une part, un second  
15 dispositif de détection (10) pour détecter à un troisième instant ( $t_3$ ) le premier signal d'excitation (20) après une réflexion contre l'interface (6), et d'autre part des seconds moyens de calcul (14) pour calculer la distance ( $d_2$ ) entre l'interface (6) et le  
20 second dispositif de détection (10) à partir de la durée séparant le premier instant ( $t_1$ ) du troisième instant ( $t_3$ ) et de la connaissance de la vitesse de propagation ( $V$ ), dans la formation (1), du premier signal d'excitation (20).

25

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte :

un second dispositif d'excitation (15) pour stimuler, à un quatrième instant ( $t_4$ ), l'interface (6)  
30 avec un second signal d'excitation (30) correspondant à l'énergie de second type de manière à ce que ce premier

signal d'excitation (30) soit converti au niveau de l'interface (6) en un second signal,

un troisième dispositif de détection (16) pour détecter le second signal réponse (33) à un  
5 cinquième instant ( $t_5$ ),

des troisièmes moyens de calcul (18) pour calculer la distance ( $d_3$ ) entre l'interface (6) et le troisième dispositif de détection (16) à partir de la durée séparant le quatrième instant ( $t_4$ ) du cinquième  
10 instant ( $t_5$ ) et de la connaissance de la vitesse ( $V_p$ ) de propagation du son dans la formation (1),

éventuellement, d'une part, un quatrième dispositif de détection (17) pour détecter, à un sixième instant ( $t_6$ ), le second signal d'excitation  
15 (30) après une réflexion contre l'interface (6), et d'autre part des quatrièmes moyens de calcul (19) pour calculer la distance ( $d_4$ ) entre l'interface (6) et le quatrième dispositif de détection (17) à partir de la durée séparant le quatrième instant ( $t_4$ ) du sixième  
20 instant ( $t_6$ ) et de la connaissance de la vitesse de propagation ( $V$ ), dans la formation (1), du second signal d'excitation (20).

12. Dispositif selon l'une des  
25 revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que le premier dispositif d'excitation (10) est formé par un élément d'un premier groupe comprenant un générateur de pression, un transducteur acoustique ou d'un second groupe comprenant au moins une paire d'électrodes, au  
30 moins une bobine, le second dispositif d'excitation

étant formé par un élément du second groupe ou du premier groupe respectivement.

13. Dispositif selon l'une des  
5 revendications 10 à 12, caractérisé en ce que le premier dispositif de détection (9) est formé par un élément d'un groupe comprenant au moins une paire d'électrodes, au moins une bobine ou par au moins un capteur acoustique et en ce que le second dispositif de  
10 détection (10) est formé par le capteur acoustique ou par un élément du groupe respectivement.

14. Dispositif selon l'une des  
revendications 11 à 13, caractérisé en ce que le  
15 troisième dispositif de détection (16) est formé par un élément d'un groupe comprenant au moins une paire d'électrodes, au moins une bobine ou par au moins un capteur acoustique et en ce que le quatrième dispositif de détection (17) est formé par le capteur acoustique  
20 ou par un élément du groupe respectivement.

15. Dispositif selon l'une des  
revendications 11 à 14, caractérisé en ce que le  
premier dispositif d'excitation (8) est confondu avec  
25 le second dispositif de détection (10).

16. Dispositif selon l'une des  
revendications 11 à 15, caractérisé en ce que le second  
dispositif d'excitation (15) est confondu avec le  
30 quatrième dispositif de détection (17).

17. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 16, caractérisé en ce que le premier dispositif de détection (9) est confondu avec le quatrième dispositif de détection (19).

5

18. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 17, caractérisé en ce que le second dispositif de détection (10) est confondu avec le troisième dispositif de détection (16).

10

19. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 18, caractérisé en ce que les premier, second, troisième, quatrième moyens de calcul sont regroupés au sein d'un unique calculateur (C).

15

20. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 19, caractérisé en ce que l'interface (6) ayant une fréquence de résonance, le premier signal d'excitation (20) et/ou le second signal d'excitation (30) possèdent une fréquence qui est sensiblement la fréquence de résonance de l'interface (6).

20

21. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 20, caractérisé en ce que le premier dispositif d'excitation (8), le premier dispositif de détection (9), le second dispositif de détection (10) sont portés par un même support (12).

25

22. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 21, caractérisé en ce que le second

30

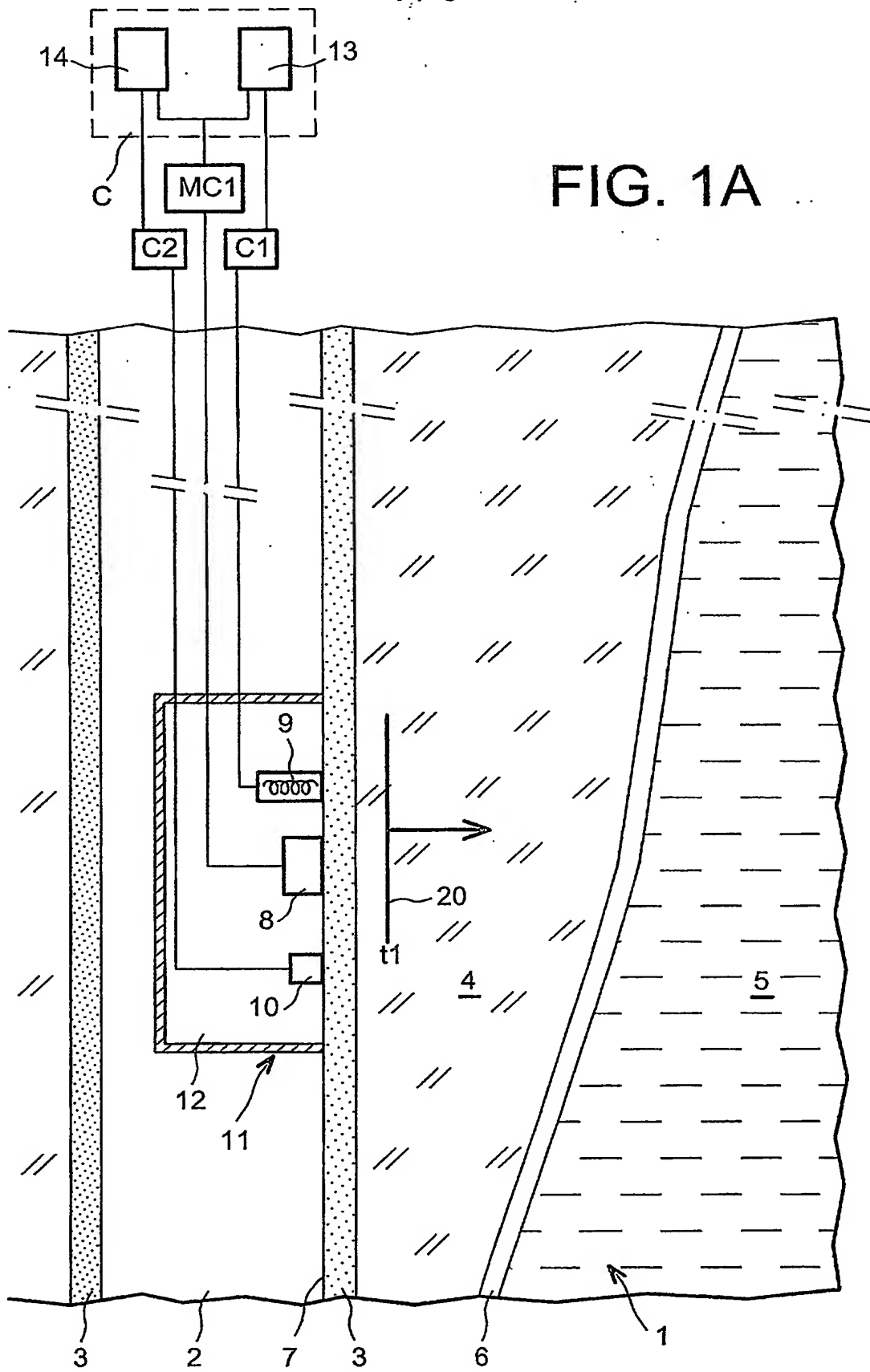
dispositif d'excitation (15), le troisième dispositif de détection (16), le quatrième dispositif de détection (17) sont portés par un même support (12).

- 5                    23.        Dispositif        selon        l'une        des revendications 21 ou 22, caractérisé en ce que les supports sont confondus.



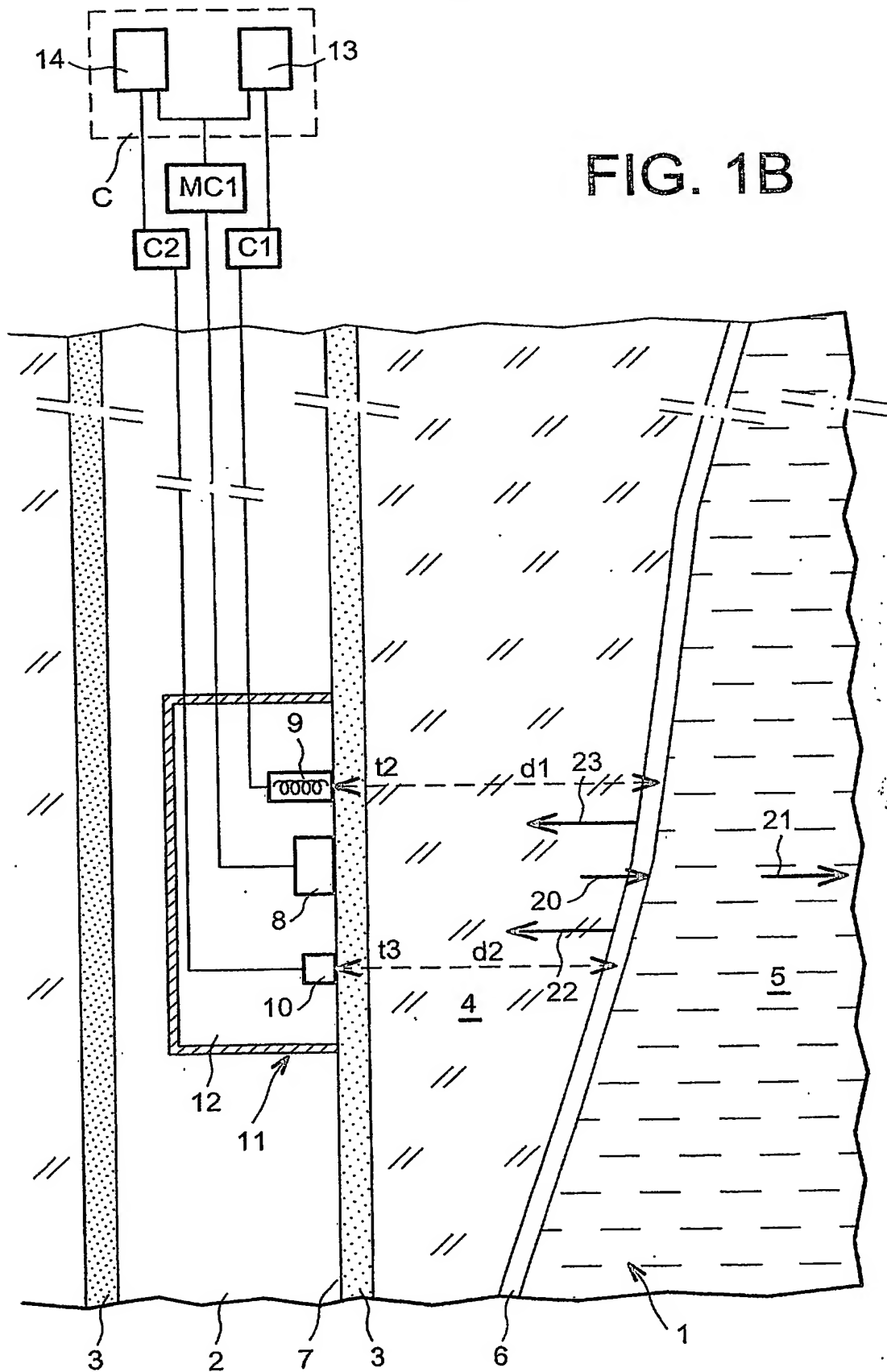
1 / 6

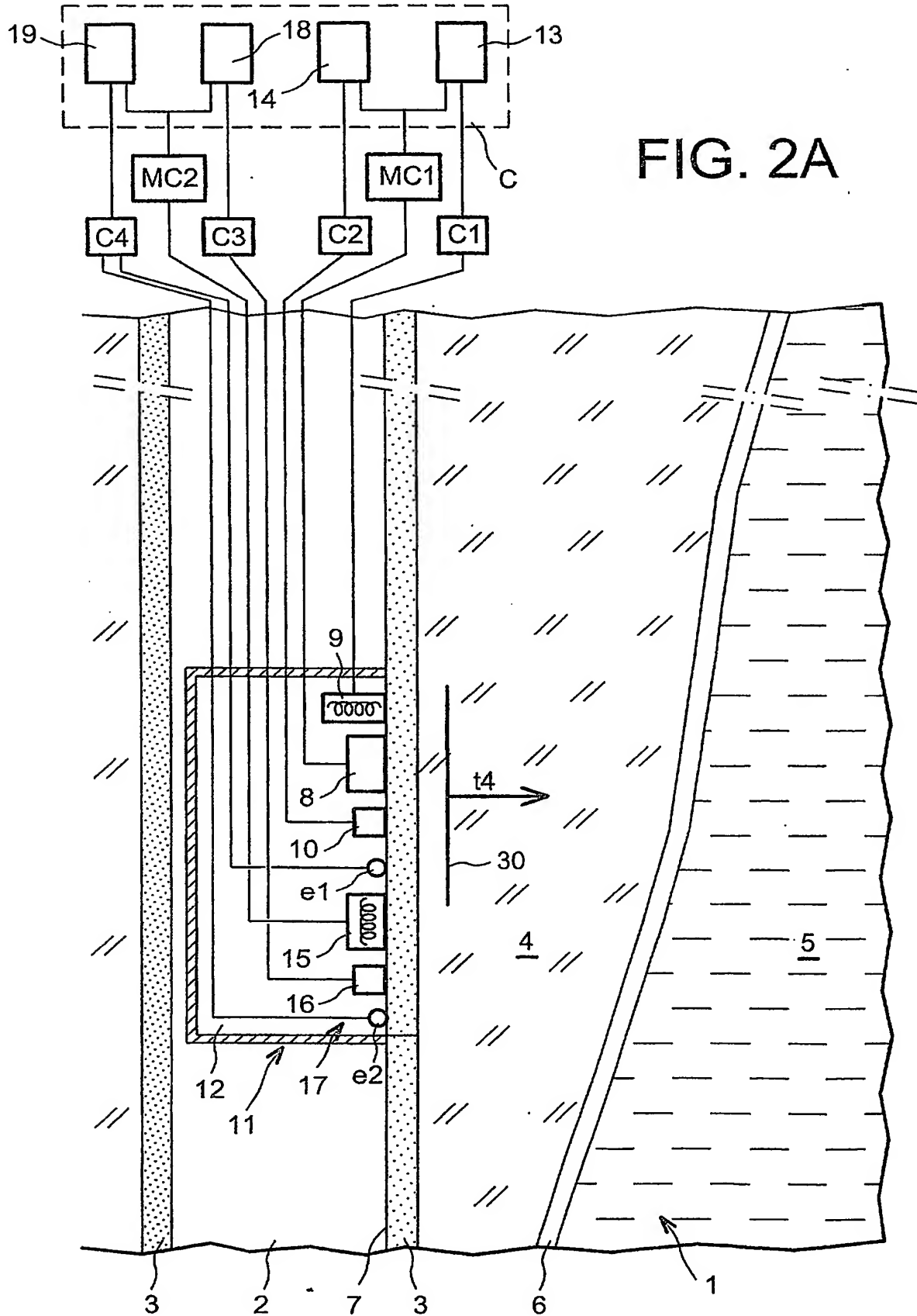
FIG. 1A



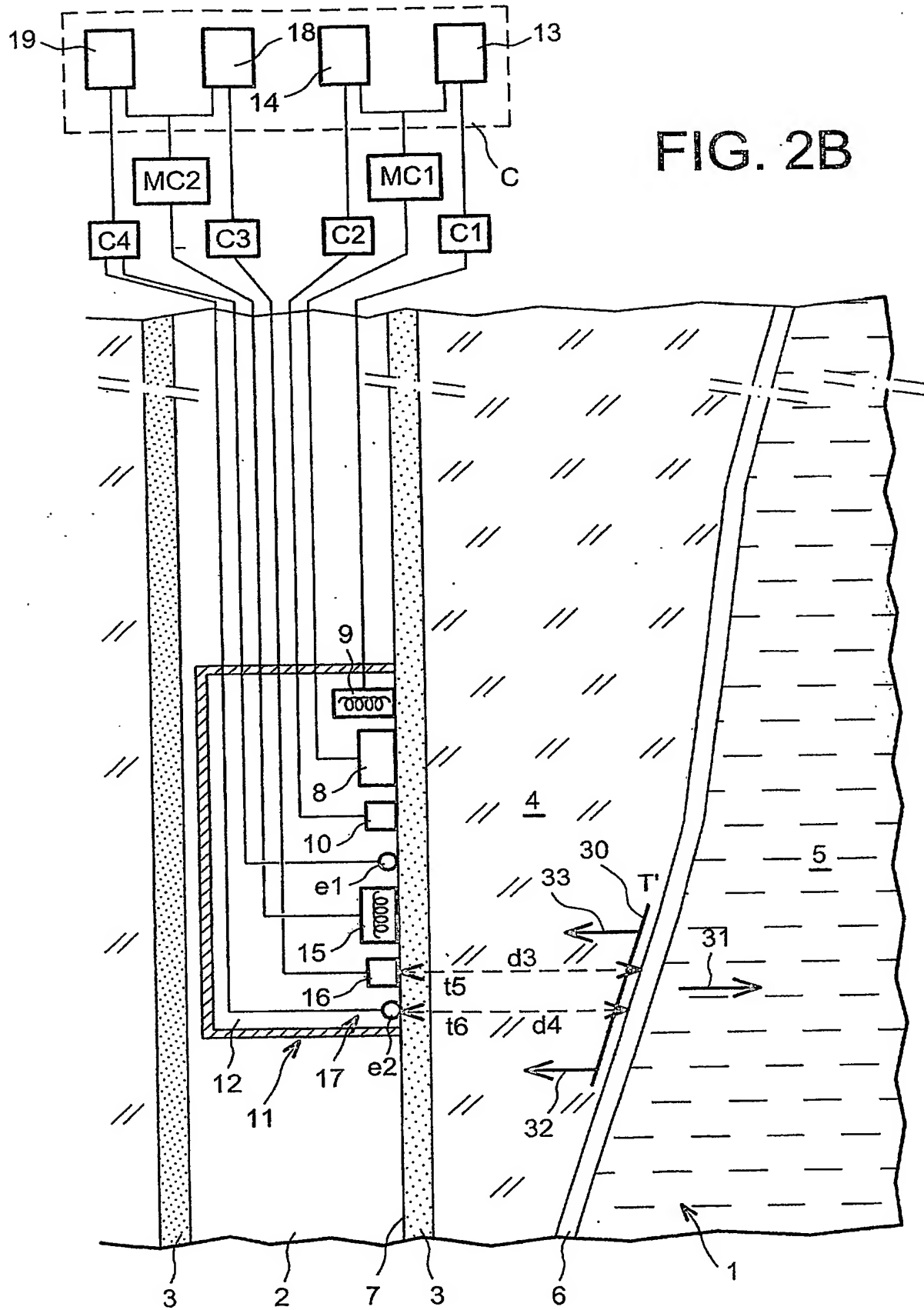
2 / 6

FIG. 1B





4 / 6



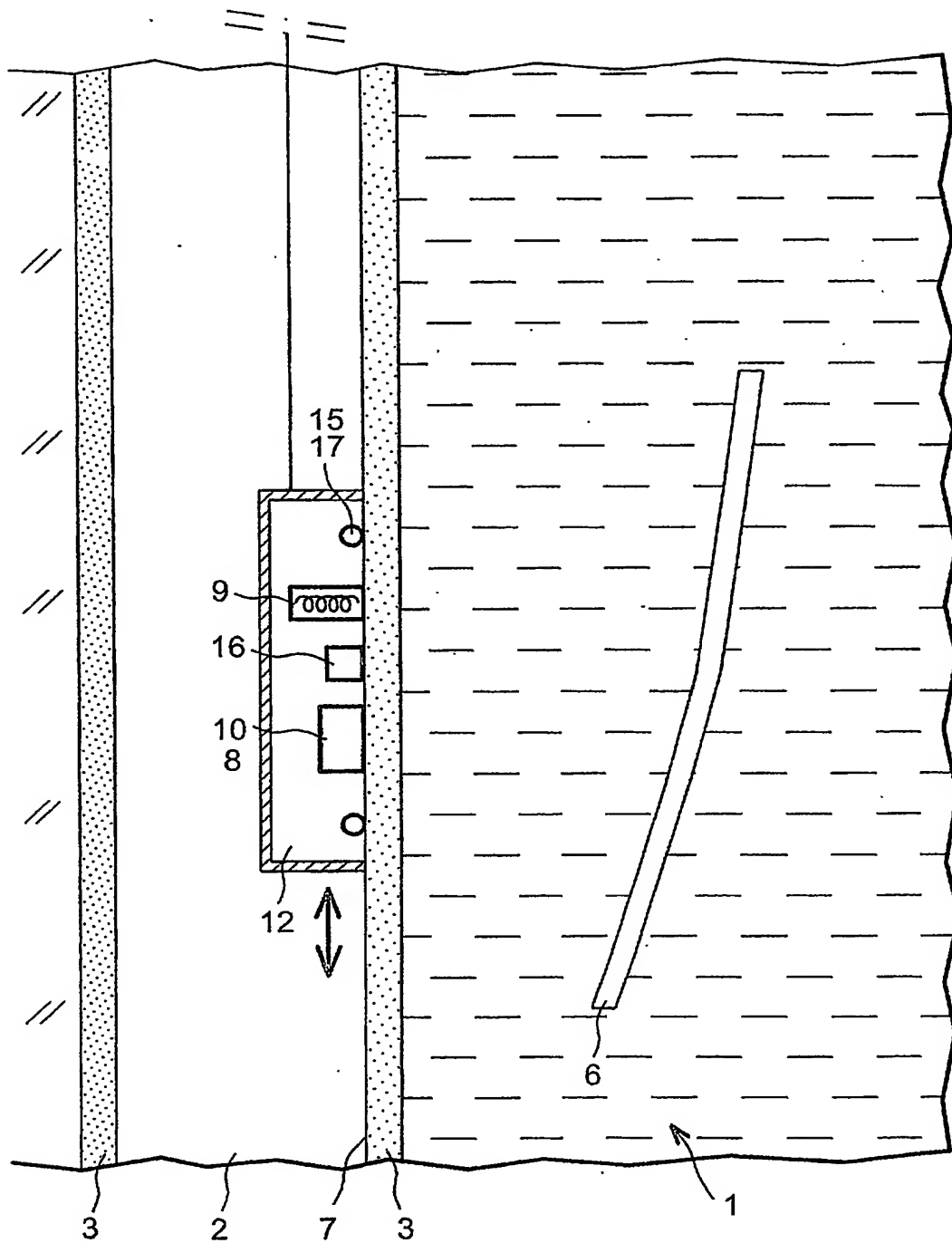


FIG. 3A

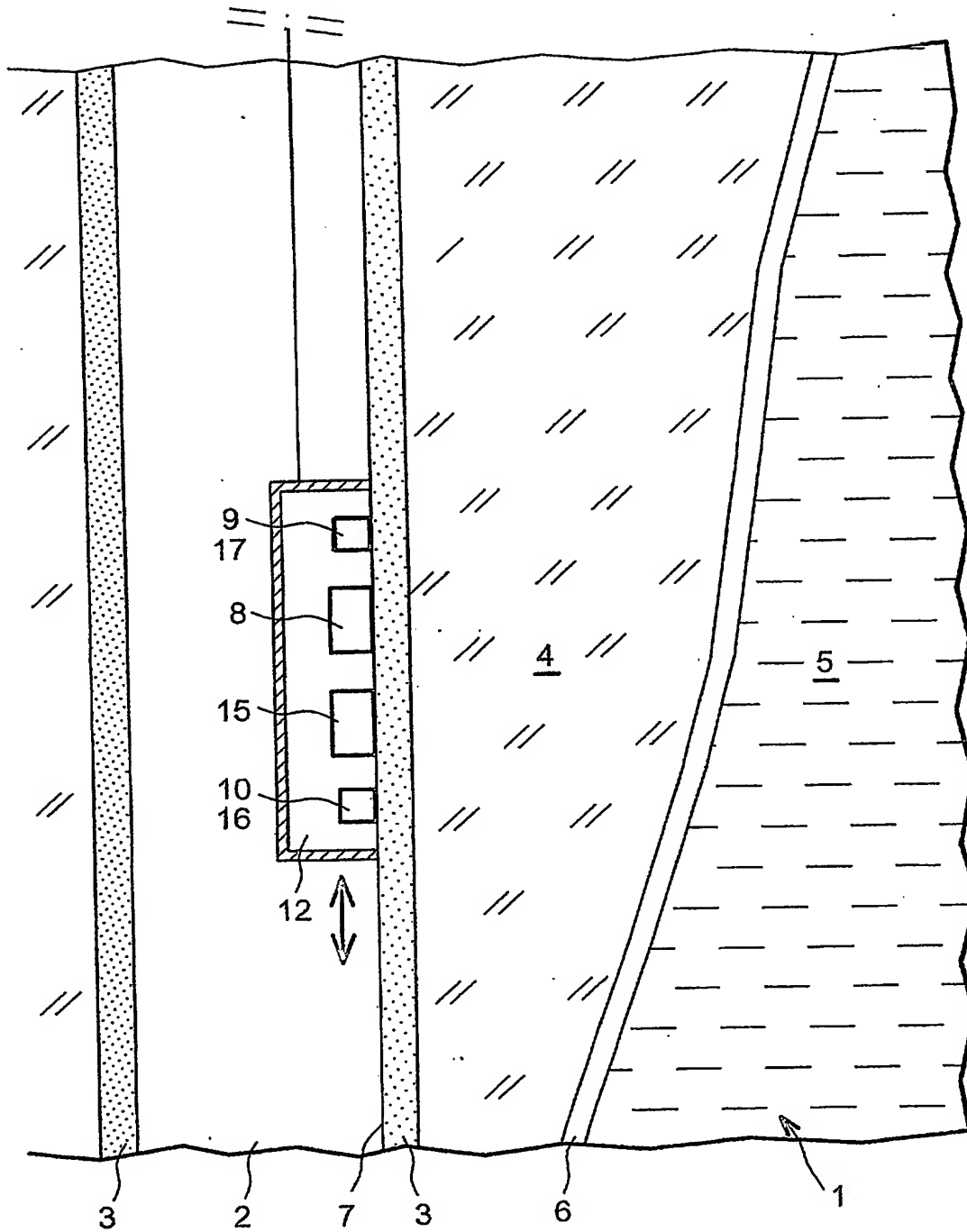


FIG. 3B

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1../1..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

**INV**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 G W / 270501

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		SP 21418 CS
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0613370
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)		
PROCÉDE ET DISPOSITIF DE LOCALISATION D'UNE INTERFACE PAR RAPPORT A UN TROU FORE		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>		
D. DU BOISBAUDRY		
c/o BREVALEX		
3, rue du Docteur Lancereaux		
75008 PARIS		
FRANCE		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<b>1</b>	Nom	LIGNEUL
	Prénoms	Patrice
Adresse	Rue	9, rue Jean Jaurès
	Code postal et ville	92370 CHAVILLE FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
<b>2</b>	Nom	CHARARA
	Prénoms	Marwan
Adresse	Rue	13, passage de l'Union
	Code postal et ville	75007 PARIS FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
<b>3</b>	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		
Paris, le 25 octobre 2002		
D. DU BOISBAUDRY CPI 950304		

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**